

**MANUAL SOBRE  
LA PREVENCIÓN DE LA  
CONTAMINACIÓN EN LA  
INDUSTRIA DEL ACABADO  
DE MADERA**

**U.S. EPA/SEDESOL  
GRUPO DE TRABAJO  
SOBRE LA PREVENCIÓN  
DE LA CONTAMINACIÓN**

**OCTUBRE DE 1994**



\*\*\*\*\*

## CONTENIDO

<b><u>Parte</u></b>	<b><u>Página</u></b>
LIMITACIONES DE ESTE MANUAL .....	iv
PRESENTACION .....	v
<b>PARTE I      OBJETIVOS Y BENEFICIOS EN LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACION</b>	
Objetivos de la Prevención de la Contaminación .....	I-1
Beneficios de un Programa para Prevenir la Contaminación .....	I-1
¿Que es la Prevención de la Contaminación? .....	I-4
<b>PARTE II      PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACION EN LA INDUSTRIA                   DEL ACABADO DE MADERA</b>	
Capítulo 1      La Industria del Acabado de Madera .....	II-1
Capítulo 2      Opciones para Prevenir la Contaminación en la Industria del Acabado de Madera .....	II-5
Bibliografía .....	II-32
<b>PARTE III      ESTUDIOS DE CASOS</b>	
ESTUDIO DE CASO NO. 1—Conversión a VABP .....	III-1
ESTUDIO DE CASO NO. 2—Reciclaje de Solventes .....	III-3
ESTUDIO DE CASO NO. 3—Desechos de Madera para Energía .....	III-5
ESTUDIO DE CASO NO. 4—Cambiar a Tintas a Base de Agua .....	III-6
ESTUDIO DE CASO NO. 5—Conversión a VABP .....	III-8
ESTUDIO DE CASO NO. 6—Reuso del Sobre Rocío .....	III-10

### **Apéndice**

#### INFORMACION ADICIONAL

### **Anexos**

<b>A</b>	<b>INFORME SOBRE COMO OBTENER ACCESO A BANCOS DE INFORMACION SOBRE LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACION</b>
<b>B</b>	<b>ENCUESTA</b>







\*\*\*\*\*

## **Parte II                      Prevención de la Contaminación en la Industria del Acabado de Madera**

Esta parte técnica describe los varios procesos asociados con la industria del acabado de madera y las opciones para la prevención de la contaminación en dicha industria.

## **Parte III                      Estudios de Casos**

Esta parte incluye muestras específicas de empresas que han usado las técnicas para la prevención de la contaminación. Estos estudios de casos describen los beneficios, particularmente los ahorros en costos, que las empresas lograron.

## **Apéndice                      Información Adicional**

Esta sección enumera documentos técnicos adicionales que se refieren a oportunidades para prevenir la contaminación en la industria del acabado de madera, entre otra información. Estos documentos están actualmente disponibles sólo en inglés.

## **Anexo A**

Esta parte describe el acceso al Banco de Información Internacional de Documentación sobre la Producción Limpia (ICPIC—International Cleaner Production Information Clearinghouse), que es un banco de información internacional para documentación sobre la prevención de la contaminación. Información también es incluida sobre acceso al Sistema de Intercambio de Información para la Prevención de la Contaminación (PIES—Pollution Prevention Information Exchange System).

## **Anexo B                      Encuesta**

FAVOR DE COMPLETAR LA ENCUESTA INCLUIDA EN ESTA PARTE. Su respuesta nos provee información valiosa para evaluar la utilidad de este manual. Además, cuando devuelve la encuesta, su nombre será puesto en una lista para recibir cambios a este manual y otros documentos al momento en que sean disponibles.

# PARTE I

## OBJETIVOS Y BENEFICIOS EN LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

# OBJETIVOS Y BENEFICIOS DE LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

## OBJETIVOS DE LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

El objetivo del programa para la prevención de la contaminación es de mejorar la calidad del ambiente a través de la eliminación, prevención, y/o la disminución de la generación de desechos. La prevención de la contaminación incluye cualquier actividad iniciada por una empresa para reducir la cantidad de desechos producidos por sus procesos de fabricación antes del reciclaje, tratamiento, o disposición de estos desechos fuera del sitio. Para efectivamente lograr esto, el programa debe incluir una evaluación comprensiva y continua, de las actividades en la fábrica.

## BENEFICIOS DE UN PROGRAMA PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN

Empresas y gobiernos tienen fuertes incentivos para reducir la toxicidad y volumen de los desechos que producen. *Así como las actividades para la prevención de la contaminación disminuyen los costos de operación, los costos de producción también serán reducidos. Por lo tanto, empresas que cuentan con un plan efectivo y continuo para prevenir la contaminación tendrán una ventaja significativa para competir en su industria.*

Enseguida se menciona en detalle un programa para la prevención de la contaminación que puede lograr los siguientes beneficios:

- ! Proteger la salud humana y la calidad del medio ambiente.
- ! Reducir los costos de operación.
- ! Mejorar el ánimo y la participación de los empleados.
- ! Mejorar la imagen de la empresa dentro de la comunidad.
- ! Ayudar en cumplir con las leyes ambientales.

### **Proteger la Salud Humana y la Calidad del Medio Ambiente**

Reducir los desechos emitidos al aire, tierra y agua ayudará a proteger el medio ambiente y la salud humana. Típicos contaminantes peligrosos que pueden ser reducidos significativamente por técnicas para prevenir la contaminación incluyen



los siguientes:

- ! Emisiones de aire, así como vapores de solventes, partículas finas, y el monóxido de carbón.
- ! Los que se disponen en la tierra, así como cenizas de incineración, solventes gastados, y escombros.
- ! Los que se disponen en el agua, así como aguas residuales contaminadas con solventes y otros materiales tóxicos.

Un peligro común de la industria del acabado de madera son los compuestos orgánicos volátiles (COV). La mayoría de los solventes utilizados emite los COV. Respirar aire con altas concentraciones de COV (de cien mil partes por millón) puede resultar en vértigo, confusión, pérdida de conciencia, parálisis, y muerte de paro respiratorio o cardíaco. Respirar COV durante un largo plazo puede cambiar el comportamiento de personas. Se sospecha que algunos COV son carcinógenos.

La salud y la seguridad de los empleados puede ser afectada por una ventilación inadecuada, por el mal manejo o uso de los productos químicos, y por la falta de aparatos apropiados de seguridad. Un programa de entrenamiento informativo para los empleados es una forma efectiva para reducir accidentes. Reducir la cantidad de materiales y de desechos químicos en la fábrica también lleva beneficios, dado que reduce la cantidad de espacio requerido para almacenar los mismos y disminuye la posibilidad de derrames accidentales. Además, los requerimientos para el transporte especializado de materiales peligrosos pueden ser reducidos si su volumen es minimizado.

## **Reducir Costos de Operación**

*Al largo plazo, un programa efectivo para la prevención de la contaminación puede rendir ahorros que recuperan los costos de desarrollar e implantar el programa. Pueden ser ahorros que se presentan de inmediato directamente al balance de la empresa o los que se anticipan con base de evitar futuros gastos.* Los ahorros son especialmente notables cuando se distribuyen los costos que resultan del tratamiento, el almacenaje, o la disposición de los desechos a la unidad de producción, al producto, o al servicio que genera estos desechos.

Los costos de materiales o los costos de comprar los materiales pueden ser reducidos al adoptar procedimientos de producción y empaque que consumen



importante para la sociedad. La política y las prácticas de su empresa para el control de los desechos motivan las opiniones de la comunidad local.

Las opiniones de la comunidad son más positivas hacia empresas que tienen una cultura de respeto a la naturaleza. Además de ser buena promoción, el dar soluciones prácticas a problemas ambientales lo pueda: (1) mejorar los procesos de producción, a la vez obteniendo calidad en el producto; y (2) ahorrar recursos naturales a través del uso adecuado de materia prima. Demostrar esta conciencia ambiental logra la buena imagen de la empresa.

## **Ayudar en Cumplir con las Leyes Ambientales**

*Las leyes ambientales de México incluyen muchas administrativas que permiten que los inspectores del gobierno cierren provisionalmente o permanentemente las empresas que no cumplan con las leyes. Un plan para la prevención de la contaminación que incluye procedimientos normales de operación que cumplen con las leyes y reglas ambientales sería útil. Siguiendo el plan, la empresa aumenta sus oportunidades de evitar infracciones y las multas relacionadas con ellas.*

## **¿QUE ES LA PREVENCION DE LA CONTAMINACION?**

La prevención de la contaminación (también conocida como la reducción de fuentes de generación y la minimización de desechos) es cualquier acción que reduce la producción de desechos (en su fuente de generación) que pueden ser emitidos al aire, a la tierra, o al agua. ***Dos métodos generales para prevenir la contaminación son (1) cambios en los procesos, y (2) cambios en los productos.*** Varios cambios para la reducción de las fuentes de generación están presentados en el Gráfico I-1.

Introducir cambios en los procesos permite la optimización del uso de los recursos durante el proceso de fabricación. Cambios en los procesos incluyen los siguientes:

- ! Compras prudentes, en las cuales la empresa compra el material nuevo en el recipiente del tamaño más apropiado, en vez de comprar demasiado y luego tener que deshacerse de lo sobrante.
- ! Cambios en las operaciones, como el reuso de materia prima durante la producción y la reducción del consumo de agua en las líneas del proceso.
- ! Cambios de tecnología, como el uso de un material de proceso menos peligroso.



! Eficiencia en el consumo de energía

La Tabla I-1 presenta un resumen de ejemplos específicos de cambios en los procesos.

Cambios en los productos reducen la cantidad de contaminación por medio de reducir el impacto que el producto terminado tiene sobre el ambiente. Cambios en los productos incluyen los siguientes:

- ! El desarrollo de un producto que contiene menos productos químicos
- ! El desarrollo de un producto más alto en calidad que perdure más
- ! La incorporación de un análisis del ciclo de vida del producto, que incluye opciones para su uso y su disposición

## Otras Estrategias en el Manejo del Ambiente

Existen numerosas medidas para la prevención de la contaminación que son aplicadas solo después de producir los desechos. Por lo tanto, no es correcto incluirlas bajo la categoría de la prevención de la contaminación. La Tabla I-2 presenta algunos ejemplos de procedimientos que son medidas para el manejo de desechos pero que no son la prevención de la contaminación.

Las empresas también deberán reconocer que al transferir los desechos peligrosos a otro medio, no previenen la contaminación. Hasta la fecha, muchas prácticas para el manejo de desechos unicamente suelen coleccionar los contaminantes y moverlos de un medio del ambiente a otro.

Por ejemplo, solventes pueden ser extraídos de aguas residuales usando carbón activado. Sin embargo, para regenerar el carbón activado es necesario usar otro solvente o calificarlo, que transfiere los contaminantes al aire. En algunos casos, este tipo de estrategia para el manejo de desechos es una opción válida para su tratamiento. No obstante, demasiadas veces el propósito sido de desviar el contaminante a un medio que se regula menos estrictamente.

Por ejemplo, el tratamiento de desechos antes de su disposición reduce la toxicidad y/o los requerimientos de espacio en el sitio de disposición, pero no elimina todos los materiales contaminados. Frecuentemente, el efecto es transferir los contaminantes del aire o agua, a la tierra. Tratamientos convencionales para desechos incluyen procesos como la reducción de volúmenes, la dilución, la destoxicación, la incineración, y la estabilización.



**TABLA I-2**

**ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO DE DESECHOS  
QUE NO SON PREVENCIÓN DE CONTAMINACION**

**Reciclaje fuera del sitio**

- ! El reciclaje fuera del sitio (por ejemplo, la recuperación de solventes en un sitio central de destilación) es una excelente opción para el manejo de desechos. Sin embargo, como no reduce la cantidad actual de la contaminación generada, no es una medida para la prevención de la contaminación.

**Tratamiento de desechos**

- ! El tratamiento de desechos incluye cambiar la forma o composición de los desechos, por medio de reacciones controladas, para reducir o eliminar la cantidad de contaminantes. Ejemplos incluyen el pretratamiento, la destóxicación, la incineración, la descomposición, la estabilización, y la solidificación o encapsulación.

**Concentración de componentes peligrosos o tóxicos para reducir cantidades**

- ! Operaciones para reducir cantidades, como el desagüe, son métodos útiles para tratamiento, pero no eliminan ni reducen la cantidad de contaminantes generados. Por ejemplo, filtración a presión y el secado de lodos de metales pesados antes de su disposición disminuyen el contenido de agua en los lodos y el volumen de desechos, pero no disminuyen la cantidad de moléculas de metales pesados en los lodos.

**Diluir los componentes para reducir peligro o toxicidad**

- ! Diluir los desechos pueda reducir peligro o toxicidad, pero no reduce la cantidad absoluta de componentes peligrosos que entran al medio ambiente.

**Otras tecnologías de control**

- ! Las tecnologías de control de contaminación son generalmente métodos "al final de la línea." Muchas de las tecnologías de control que han sido usadas simplemente colectan los contaminantes y los trasladan de un medio del ambiente (agua, aire, o tierra) a otro. Por ejemplo, filtros que colectan el sobre rocío de pintura pueden prevenir la contaminación del aire, pero causan un problema de desechos sólidos.





## PARTE II

# PREVENCION DE LA CONTAMINACION EN LA INDUSTRIA DEL ACABADO DE MADERA









## Capítulo 2

# OPCIONES PARA PREVENIR LA CONTAMINACION EN LA INDUSTRIA DEL ACABADO DE MADERA

*La prevención de la contaminación mejora la salud y seguridad de los empleados y la calidad de su ambiente de trabajo.*

La lista de opciones para la prevención de la contaminación presentada en este capítulo es extensiva pero no exhaustiva. Actualmente se realizan investigaciones en las áreas de la composición de materia de recubrimientos y en los métodos de aplicación. Además, las mejores soluciones a los problemas son frecuentemente ideas originales, descubiertas por empleados creativos y una gerencia inventiva. Además, este manual fue preparado como un resumen de prevención de la contaminación en la industria del acabado de madera. Los fabricantes en la industria varían mucho en tamaño y en su producto; consecuentemente, cada opción presentada aquí no será apropiada para todas las empresas. Cada empresa deberá escoger las opciones que reducen más la contaminación mientras que mantienen o mejoran sus objetivos para la calidad de su producto y las ganancias de la empresa. La prevención de la contaminación presenta no solo una oportunidad para mejorar la seguridad y salud de los empleados, y la calidad de su ambiente de trabajo, sino que también les ofrece muchas oportunidades para aumentar sus ganancias. Las finanzas de una empresa de fabricación pueden ser aproximadas por las siguientes ecuaciones sencillas:

$$\text{Producto} = \text{Materias Primas} - \text{Desechos}$$

y

$$\text{Ingresos} = \text{Producto} \times \text{Precio}$$

***Cualquier desecho producido por una empresa puede representar producto desperdiciado. Por ejemplo, cualquier materia de recubrimiento que termina en el piso es materia prima que se compró y pudo haber sido parte del producto terminado; resulta que materia prima se convierte en desecho.*** Nunca se vendrá el material desperdiciado como parte del producto terminado, y por encima, ahora le cueste dinero para limpiarlo y disponer de él. No obstante si esté en los EE.UU. o en México, el costo de la disposición solo seguirá incrementando.

Como se mencionó en la Parte I, existe una estrategia para opciones de gestión de desechos. La más preferida es la reducción de fuentes de generación —disminuir la cantidad de material peligroso usada, luego reciclar o reusar el



*de desechos de madera como combustible puede resolver dos problemas: (1) elimina los problemas asociados con la disposición, y (2) ahorra dinero por quemarlos como combustible. una fuente de combustible barato.* Desechos de madera, especialmente desechos de madera sin acabado, se pueden usar en una caldera de madera, típicamente operado a 1,600°K, para convertir la madera a energía con un mínimo de emisiones de hidrocarburos. Sin embargo, quemar madera con laminado de plástico, que contiene cloros, es un problema por la posible formación de hidrocarburos cloro. El operador deberá conocer todos los reglamentos vigentes antes de usar la caldera de madera.

Para aprovechar de los desechos de madera como una fuente de energía, la empresa deberá automatizar el sistema de alimentación al mayor grado posible.

La alimentación controlada logra una combustión más económica, ya que los costos de mano de obra para alimentación manual solo aumentarán. En muchos casos, hay suficientes desechos y sobras como para no solo producir suficiente energía para la planta entera, sino para también calentar o enfriar la planta. Si existen varias plantas pequeñas del acabado de madera en una área, es posible que estas empresas combinaran sus desechos de madera para tener cantidades suficientes para generar energía y para venderla o distribuirla con otros propósitos.

## ACABADOS

Variaciones en los procedimientos del acabado son demasiados para enumerar detalladamente, pero el acabado de madera suele consistir en alguna combinación de los siguientes materiales aplicados en orden:

1. Calibrador, recubrimiento y/o blanqueador para preparar la madera y asegurar color uniforme
2. Mancha para lograr el color deseado
3. Una capa brochada para emparejar la madera
4. Relleno, glaseo para relleno, o sellador de aceite
5. Selladores para madera
6. Glaseo y/o manchas para matizar
7. Recubrimientos superiores

Cada uno de estos materiales está disponible en varias formulaciones generales. Por ejemplo, manchas, selladores, y recubrimientos superiores están disponibles



solvente—no ocurre reacción química ni curación. El acabado final tiene poca resistencia contra el calor y solventes. Por eso mismo, los acabados se dañan fácilmente y son relativamente fácil de reparar. Recubrimientos a base de nitrocelulosa son categorizados por su rapidez en secarse. Contienen aproximadamente 6 libras de los COV por cada galón de material, sin incluir el agua. El contenido de sólidos dentro de las lacas a base de nitrocelulosa es aproximadamente 16 por ciento del volumen. El contenido relativamente bajo de sólidos es necesario para lograr la viscosidad necesaria.

El proceso de aplicar acabados a base de nitrocelulosa es un procedimiento familiar y bien desarrollado. Recubrimientos de nitrocelulosa (1) son fácil de aplicar, (2) se secan rápidamente en temperaturas al ambiente, y quizá lo más importante, (3) producen la apariencia final que los fabricantes creen que los consumidores desean. Sin embargo, estos recubrimientos tienen varias desventajas. **Primeramente, la nitrocelulosa tiene alto riesgo de incendio. Segundo, se requiere el uso de solventes que son caros, tóxicos, y se volatizan rápidamente. Finalmente, el acabado final no perdura, y se hace amarillo a la luz del sol.** Cambiar a recubrimientos alternativos tiene muchos beneficios. Sin embargo, cuando se considera un cambio, la empresa debe recordar que es necesario adaptar el equipo; quizá aun más importante es adaptar el entrenamiento del personal para manejar el nuevo material de acabado.

### A Base de Agua

Recubrimientos a base de agua son considerados el futuro de la industria del acabado de madera. Hay muchos tipos de recubrimientos a base de agua. Lo que todos tienen en común es el solvente principal o líquido acarreador para los polímeros que forman las capas. Dentro de los recubrimientos a base de agua hay tres tipos de sistemas de polímeros: (1) emulsiones de agua, (2) resinas rebajadas con agua (soluciones), y (3) dispersiones coloidales. Recubrimientos formulados con polímeros de emulsiones de agua contienen partículas esféricas de alto peso molecular que no son solubles en agua, uniformemente distribuidas en agua. Resinas rebajadas con agua son completamente solubles en agua o mezclas de agua y solvente. Dispersiones coloidales contienen polímeros de peso molecular mediano que combinan las características de los polímeros de emulsión de agua y los polímeros rebajados con agua.

Dependiendo del tipo de polímero en la formulación, cada tipo de recubrimiento a base de agua exhibe diferentes propiedades a formar la capa. Entender las ventajas y desventajas de cada tipo hace más fácil la selección de recubrimientos. Formulaciones de emulsiones de agua producen acabados que perduran y son resistentes a manchas.

*Recubrimientos a base de agua pueden ser el futuro de la*

Formulaciones rebajadas con agua ofrecen un brillo alto, claridad, y propiedades para buena aplicación. Sin embargo, la capa no perdura tanto como la producida por emulsiones de agua. La viscosidad depende del peso molecular,



por regresar el material de recubrimiento al tanque debajo del nivel del líquido para disminuir la salpicadura causada por los agitadores.

- ! Para que el recubrimiento se adhiere bien, las superficies deben ser libres de aceites.

Un creciente numero de empresas se usan materiales de acabado a base de agua. Recubrimientos a base de agua son generalmente 25 a 50 por ciento más caros que los materiales tradicionales, pero—*Ahora, formulaciones a base de agua dan acabados comparables a los de acabados tradicionales.*—dado que tienen el doble contenido de sólidos—son por lo menos igual de baratos para usarse. En el pasado, los recubrimientos a base de agua eran solo adecuados para productos de bajo grado. Los primeros acabados a base de agua tuvieron problemas con el levantamiento del grano de madera y de claridad, pero estos problemas se están disminuyendo con la producción de nuevas formulaciones. Lacas a base de agua ahora son duraderas y ofrecen buena claridad y facilidad de lijar. ***Acabados a base de agua ofrecen muchos beneficios sobre las lacas a base de la nitrocelulosa convencionales, incluyendo: (1) mayor resistencia a la humedad, productos químicos, impactos directos e indirectos, y arañadas; (2) se adaptan a una gran variedad de métodos de aplicación; (3) baja toxicidad; (4) bajo contenido de los COV; y (5) los aparatos se limpian con agua y jabón.*** Recubrimientos a base de agua generalmente se pueden aplicar de los mismos métodos que los acabados a base de solventes tradicionales. ***El costo principal de la conversión es el de la instalación de equipo que es resistente a la corrosión. Un incentivo es la reducción de los costos de seguridad que resulta del cambio a un sistema a base de agua. La seguridad para una planta que usa solo recubrimientos a base de agua es aproximadamente el 50 por ciento menos que la de negocios que utilizan formulaciones a base de solventes.***

*El equipo se limpia con agua y jabón.*

## Poliéster

Lacas a base de nitrocelulosa dominan la industria del acabado de madera de los EE.UU. Sin embargo, esto no es el caso en todos los países. En otras partes del mundo, recubrimientos a base de poliéster y de poliuretano predominan.

Dos tipos de recubrimientos a base de poliéster están disponibles. El primer tipo es de poliéster derivado del estireno. En este caso, se usa estireno como el solvente y reactante para resinas alcalinadas no saturadas en las capas. Las formulaciones también contienen un elemento para secar, generalmente un metal pesado, y pueden ser curadas por medio de una reacción catalítica o por radiación ultravioleta (UV). Poliésteres acrílicos componen el segundo tipo de recubrimientos a base de poliéster. Contienen solventes y acrílicos de eslabón cruzado. Son curados por reacción catalítica o por exposición a radiación UV.

Los dos tipos de recubrimientos a base de poliéster se secan rápidamente a capas



### A Base de Dióxido de Carbón (CO<sub>2</sub>)

Union Carbide ha formulado el sistema Unicarb™ para minimizar los COV. ***Este sistema usa CO<sub>2</sub> supercrítico en lugar de solventes o agua, para disolver la capa.*** Los recubrimientos Unicarb™ contienen polímeros y solventes amalgamados, mientras que se omiten los solventes cortantes. En la mayoría de formulaciones, se usan los solventes cortantes para reducir la viscosidad y aumentar la atomización. El sistema Unicarb™ utiliza CO<sub>2</sub> para reducir viscosidad y aumentar la atomización. El recubrimiento viscoso y el dióxido de carbón supercrítico son batidos en una cámara de mezclar. Generalmente, a comparación de acabados tradicionales, 1 galón de dióxido de carbón reemplaza 1 galón de solventes cortantes. La mezcla se convierte en pintura atomizada a través de una pistola para rociar sin aire. El CO<sub>2</sub> se evapora del acabado atomizado. La pintura depositada, aún con los solventes amalgamados, se cura convencionalmente, secado con aire o por hornos. La calidad del acabado atomizado se considera superior a la de atomización convencional sin aire y similar a la que se obtiene con atomización convencional con aire.

Los acabados Unicarb™ contienen aproximadamente 4.7 libras de los COV por galón, menos agua, y son aproximadamente 34 por ciento sólidos por volumen. ***Al sumar, se reducen los COV por aproximadamente 50 por ciento.*** Las propiedades exactas dependen del tipo de acabado utilizado en el sistema. Una empresa usando el sistema Unicarb™ tiene la ventaja de no tener que completamente reformular sus acabados y todavía está reduciendo las emisiones de los COV. ***Un acabado de nitrocelulosa Unicarb™, por ejemplo, producirá una capa con las mismas ventajas y desventajas que la capa tradicional pero tendrá menos emisiones de los COV.*** Las principales desventajas de Unicarb™ son falta de prueba en fábrica y los derechos que se tiene que pagar.

### Curados por Luz Ultravioleta (UV)

Los elementos principales de acabados curados por la luz UV son polímeros, monómeros diluentes, y fotoiniciadores. La curación por UV usa luz UV de alta intensidad para reaccionar con los fotosensibilizadores, creando radicales libres que inician eslabones cruzados para formar la capa sólida. Consecuentemente, acabados curados por UV son convertibles. La mayoría de los diluentes son polimerizados para formar parte de la capa. La curación es rápida, y la capa final es duradera. Estas formulaciones emplean radiación UV para efectuar cambios químicos y físicos en los materiales orgánicos del recubrimiento a través de la formación de eslabones cruzados en los polímeros del recubrimiento.

*Curación con UV es bueno para piezas planas.*

Si no todos, la gran mayoría de los elementos reaccionan para formar la capa. Así, se considera que los acabados curados por UV frecuentemente contienen



**TABLA II-2**

**ACABADOS**

<b>Acabado</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
A base de Agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>! Perdura</li> <li>! Por lo menos igual de barato para usarse que recubrimientos convencionales</li> <li>! Bajo contenido de los COV</li> <li>! Los aparatos se pueden limpiar con agua y jabón</li> <li>! Los costos de aseguranza disminuyen por eliminar el riesgo de incendio</li> <li>! Menor volumen de material para almacenar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>! Necesidad de aparatos resistentes a la corrosión</li> <li>! Evidencia de levantamiento del grano en algunos tipos de madera por causa de algunas formulaciones</li> <li>! Posible necesidad de movimiento de aire o calor para facilitar el secado</li> <li>! La superficie debe estar libre de capas aceitosas</li> <li>! Viscosidad alzada, posibilidad requerir cambios en el sistema de bombeo y tubería</li> <li>! Necesidad de mejorar control sobre la humedad y temperatura</li> </ul>
Poliéster y Poliuretano	<ul style="list-style-type: none"> <li>! Alto brillo</li> <li>! Muy perdurable</li> <li>! Bajo contenido de los COV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>! Difícil de reparar</li> <li>! Requiere un ambiente de "cuarto limpio"</li> </ul>
A base de CO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>! Bajo contenido de los COV</li> <li>! Eliminación del costo, olor, riesgo de incendio, toxicidad, y la curvación de horno asociadas con solventes cortantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>! Costos de derechos propietarios</li> <li>! Necesidad de rociadores y sistema de entrega especiales</li> <li>! Bombas y mezcladores requeridos para manejar las formulaciones viscosas de Unicarb™</li> <li>! Experiencia industrial limitada</li> </ul>
Curado por UV	<ul style="list-style-type: none"> <li>! Bajo costo de energía</li> <li>! Muy bajo contenido de los COV</li> <li>! Acabado muy perdurable</li> <li>! Curación rápida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>! Mayores costos de aplicación</li> <li>! Difícil de curar piezas de forma irregular</li> <li>! Limitado a acabados claros o semiclaros y capas delgadas</li> </ul>
Nitrocelulosa	<ul style="list-style-type: none"> <li>! Métodos establecidos</li> <li>! Reparación fácil</li> <li>! Secado rápido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>! Durabilidad de calidad promedia o mala</li> <li>! Alto contenido de los COV</li> <li>! Tóxico y con riesgo de incendio</li> </ul>



**TABLA II-3**

**AHORROS POR CADA US\$1,000 EN MATERIALES  
DE RECUBRIMIENTO CON EFICIENCIAS  
DE TRANSFERENCIA (ET) MEJORADAS**

		ET Nuevo					
		45%	50%	60%	70%	80%	90%
ET Anterior	20%	556	600	667	714	750	778
	25%	444	500	583	643	688	722
	30%	333	400	500	571	625	667
	35%	222	300	417	500	563	611
	40%	111	200	333	429	500	556
	45%	0	100	250	357	438	500

Nota:

Ejemplo—Una empresa usa 100 galones de recubrimiento cada mes en rociar puertas de gabinetes (\$10 por galón para un total de \$1,000). Las pistolas rociadoras convencionales que utiliza la empresa son 30 por ciento eficientes. Si la empresa cambia a un sistema de rociar sin aire pulverizado con aire que es 60 por ciento eficiente, la empresa ahorraría \$500 por mes.



el nivel de habilidad del operador es el mejor pronosticador del ET. Sin embargo, también es importante realizar el funcionamiento óptimo de la pistola, por ejemplo, con la presión apropiada para el sistema y la mejor punta para la pistola rociadora.

Hay dos clases básicas de sistemas de VABP; uno se opera con un compresor; el otro se opera con una turbina. Cuando se usa el compresor, es necesario comprar un equipo de conversión para permitir el uso del VABP. Este equipo contiene filtros para limpiar el aire y un regulador para controlar la presión del aire. Las turbinas son ideales para el uso con los sistemas de VABP, porque se diseñan para producir un alto volumen de aire cálido, seco, y de baja presión. El aire caliente producido por la mayoría de las turbinas puede mejorar el flujo del recubrimiento y puede acelerar el secado.

### Rociador sin Aire

Como sugiere el nombre, este modo de atomizar los recubrimientos no usa aire comprimado. En su lugar, se usa presión hidráulica para forzar el material entre la abertura pequeña en la boquilla de la pistola rociadora para atomizar el recubrimiento. El sistema puede ser ajustado ya sea ajustando la viscosidad o cambiando la presión hidráulica. Sistemas sin aire tienen varias ventajas. Primero, los sistemas sin aire tienen mejores ET que sistemas convencionales. Segundo, cuando recubrimientos pesados son deseados, una sola capa con un rociador sin aire frecuentemente produce resultados que requerirían dos capas si fueran aplicadas convencionalmente. También, como las pistolas sin aire depositan el material más rápidamente, la pistola puede moverse más rápidamente para producir una capa de la densidad deseada. ***Esto resulta en mayor productividad y menos fatiga del operador. Otros beneficios reportados son (1) menos rechazos como resultado de un acabado más consistente, y (2) hasta un 15 por ciento en ahorros en costos de materiales.***

Aunque los materiales no necesitan ser formulados nuevamente para usarse con un sistema sin aire, calentar el recubrimiento es una manera de mejorar el sistema. Calentar los materiales de recubrimiento para un sistema sin aire provee tres ventajas principales: (1) por el atomización aumentado, es posible producir acabados más finos; (2) por la viscosidad reducida de los líquidos calientes, la presión hidráulica necesaria para atomizar puede ser disminuida, y (3) el rocío caliente facilita la evaporación de los solventes para lograr un secado más rápido. La principal desventaja del rocío sin aire es que la calidad del acabado es generalmente menor que la del rocío convencional. Sin embargo, esto no es cierto en la aplicación de capas más gruesas, cuando el rociador sin aire es muy efectivo.



de sólidos que serían difícil o imposible de usarse en rociadores. Curar con UV es una opción excelente después de aplicar el acabado de línea recta, porque es eficaz en el curado de piezas planas. Si una empresa fabrica piezas planas, puede usar materiales más eficientemente, con ahorros significantes, cambiando de un acabado con rociadores convencionales a el acabado de línea recta u otra técnica diseñada para piezas planas, por ejemplo el recubrimiento en cortina o el recubrimiento al vacío.

### Recubrimiento en Cortina

El recubrimiento en cortina, o "vaciado", es un proceso de producción de alta velocidad para aplicar capas lisas a piezas planas o moderadamente curvadas. Esto se debe al viejo fundamento de recubrimiento por flujo—moviendo el objeto a lo largo de una cascada continua de material. En el recubrimiento en cortina, la pieza se pasa por una carga de presión o sobre una carga en el vertedero en altas velocidades de producción, aproximadamente 150 metros por minuto. La materia sobrante es atrapada por un depósito y circulada nuevamente con un mínimo de desperdicio.

### Inmersión

Inmersión es otra técnica de aplicación directa. Se sumerge la pieza, que puede ser de cualquier forma, en un tanque que contiene el material de recubrimiento deseado. Se saca el objeto del tanque, y se drena el material sobrante al tanque. Es crítico que la viscosidad del material sea óptima para lograr una capa de la deseada espesura. También es vital que se le permita el tiempo suficiente para que el material sobrante se escurra de la pieza mientras que esté colocada todavía sobre el tanque. Sin el tiempo suficiente, el material será desperdiciado.

En resumen, varios métodos aceptables de aplicación están disponibles, y cada organización debe evaluar sus métodos de aplicación periódicamente y hacer modificaciones cuando sean necesarias. La Tabla II-4 resume las ventajas y desventajas de los varios métodos de aplicación. *Elegir la metodología apropiada para el recubrimiento resultará en una línea de proceso eficiente.*

### Método de Aplicación

La aplicación de pintura con rociadores permite recubrimiento rápido y uniforme con costos de mano de obra relativamente bajos, y por eso es frecuentemente el método preferido en la industria del acabado de madera. Sin embargo, aplicar recubrimientos con pistolas rociadoras desperdicia mucho más material que usar brocha, rodillo, o inmersión, que típicamente tienen los ET de más que 90 por ciento. Inversamente, la aplicación con rociador puede resultar en los ET tan bajos como del 20 por ciento. Cualquier material de recubrimiento que no permanece en el producto es desperdiciado. *Si el ET de un sistema es del*



**30 por ciento, está desperdiciando el 70 por ciento del dinero que gastó en los materiales de recubrimiento!** Muchos factores afectan el ET, incluyendo (1) tipo de aparatos para rociar, (2) mantenimiento y uso óptimo de los aparatos, (3) tamaño y forma del blanco, (4) tipo de recubrimiento, (5) presión y velocidad del aire, y (6) velocidad de flujo del fluido. Una manera de mejorar el ET es usar los aparatos para rociar de la forma que se deben usar. Personas frecuentemente incrementan la presión del aire y del fluido fuera de los límites recomendados. Esto produce una neblina que es más fácil de aplicar uniformemente por los labradores sin experiencia. Desafortunadamente, altas velocidades aumentan el rebote, y el sistema de ventilación se lleva la mayoría del recubrimiento en neblina, resultando en un ET bajo. Consecuentemente, sobre rociar es directamente relacionado con la presión del aire y del fluido; estas presiones deberán ser las más bajas posibles. El Gráfico II-3 demuestra los ET típicos de varios métodos de aplicación.

*Material que no permanece en el producto es material*

La presión del aire y del fluido y el tipo de pistola rociadora es muy importante; sin embargo, de acuerdo a un estudio de 1992 realizado por el Centro Noroeste Pacífico de Investigaciones para Prevenir la Contaminación, el factor que más consistentemente influye el ET es el nivel de experiencia del operado. **Por lo tanto, entrenar los operadores en la técnica correcta de rociar es la manera más fácil de disminuir significativamente la contaminación y de ahorrar dinero.**



el aumento en el ángulo de incidencia del rocío aumenta la cantidad de material que rebota del superficie. Arquear o abanicar la pistola constantemente cambia la distancia y el ángulo de la pistola, haciendo que no se logre un acabado uniforme.

### Entrenamiento para Operadores

***Una empresa puede derivar los siguientes beneficios de un programa formal de entrenamiento para los operadores de rociadores:***

- ! Costos reducidos de materiales
- ! Acabados de mayor calidad
- ! Emisiones reducidas de los COV
- ! Menos sobre rocíos y costos reducidos para limpieza
- ! Mayor cuota de producción

El entrenamiento es frecuentemente realizado en la fabrica por un compañero de trabajo que le demuestra las técnicas de rociar al nuevo operador. Este modo de entrenar es ineficaz aún en los mejores instantes. El amaestrado frecuentemente aprende y repite las malas costumbres del entrenador. Además, el entrenador muchas veces descuida de comunicar los puntos importantes que son aparentes para el trabajador con experiencia, pero que no son aparentes para un nuevo empleado.

*Buen entrenamiento es la manera más fácil de ahorrar*

Sin embargo, el entrenamiento formal deberá incluir una explicación de los fundamentos de una buena técnica para rociar y como éstas técnicas pueden beneficiar al operador. Primero, la buena técnica facilita el trabajo para el operador. A través de rociar correctamente, el operador puede rociar la pieza más rápidamente con menos trazos. Por ejemplo, si un operador puede reducir la cantidad de trazos necesarios para terminar un mueble por cinco, y el operado rocía 200 muebles cada día, el operador ahorrará 1,000 trazos por día. Segundo, una técnica buena para rociar resultará en la calidad mejorada del acabado. Generalmente, personas tienen orgullo en su trabajo y aprecian la oportunidad de producir un producto mejor.

En lo ideal, cada operador deberá ser filmado con cinta de video periódicamente. El operador deberá entonces reunirse con el supervisor y el personal técnico para revisar la cinta de video. Dado que los operadores de rociadores suelen tener buen conocimiento, frecuentemente pueden identificar las técnicas malas cuando se ven en la cinta de video. Informes constructivos e instrucción "a mano," bajo condiciones de producción, deberán seguir la revisión de la cinta de video. Se deberán filmar nuevamente los operadores para darles la oportunidad de comparar las dos cintas de video. Esto les permite ver su mejoramiento. ***Una empresa, realizando este entrenamiento dos veces por año, reportó una reducción del 8 al 10 por ciento en la cantidad de material de acabado usado, resultando en un ahorro anual de***



**\$50,000 a \$70,000.**

*La supervisión apropiada asegurará la implementación de los fundamentos aprendidos en el entrenamiento sean implementados.*

Aún con entrenamiento bueno, la supervisión es necesaria para asegurar que los operadores no se retroceden a las malas costumbres. Para maximizar el ET, sin hacer caso del tipo de sistema que es usado, se debe evitar excesiva presión del aire o del fluido.

Además, el entrenamiento debe ser específico al aparato y los materiales que serán usados. Por ejemplo, por su mayor contenido de sólidos, recubrimientos a base de agua no necesitan ser aplicados tan gruesos como los recubrimientos a base de solventes.

## **Operación y Mantenimiento**

### Transferencia Directa de los Recubrimientos a las Pistolas Rociadoras

Un sistema que transfiere los recubrimientos directamente a las pistolas, en lugar de con una cubeta, ofrece muchas ventajas. Puede ser económicamente justificada aún si su negocio usa tan poco como 30 a 40 galones por semana.

Un sistema de transferencia directa elimina la necesidad de llenar una lata desde un barril cada vez que se necesita un recubrimiento. Pueden anticipar los siguientes ahorros:

- ! Costos descontados de compras por mayoreo
- ! Menos material desperdiciado al minimizar derrames, evaporación, y la pérdida de natas en los lados de los barriles
- ! Costos de mano de obra disminuidos por gastar menos tiempo recogiendo pintura de las áreas de almacenaje, ajustando la viscosidad del recubrimiento, y llenando las cubetas de presión y los recipientes a gravedad.
- ! Costos disminuidos para solventes, porque no se limpia los recipientes al terminar los turnos

Los ahorros en tiempo aumentan la productividad. ***La calidad del acabado es también mejorada, porque el material de acabado que llega a la pistola es más consistente.***

Los tres tipos principales de sistemas de transferencia son (1) terminal, (2) flujo sencillo, y (3) recirculación completa. Un sistema terminal solamente suministra el material al punto final sin una línea de regreso. Este tipo deberá ser usado solo para materiales en que la sedimentación no es un problema. El sistema de flujo sencillo



*Reciclar las lacas de nitrocelulosa ahorra dinero y reduce los*

sobranante en las casillas de rociar, en deflectores, y en filtros. ***El único desembolso necesario es de un cernidor, cual puede ser comprado por aproximadamente \$1,500. Dependiendo en el tamaño de la fabrica, típicamente se puede recuperar dentro de unas semanas o unos meses.*** El proceso es reciclaje de curva cerrada, ya que el polvo de las lacas es eventualmente rociado de nuevo en el producto. El polvo de las lacas se convierte al ingrediente básico en la formulación de los selladores, y de recubrimientos para respaldos y cajones. Cada libra de polvo de las lacas suele rendir 1 galón del sellador. ***Esto reduce los costos de disposición y materiales, con un cambio mínimo en los costos de mano de obra.***

### Gestión de Inventarios

Mejorar la gestión de inventarios puede reducir los costos y minimizar los desechos. Si se compra demasiado material de acabados, (1) la producción de esa pieza puede terminar, dejando una gran cantidad del material sin usar, y (2) el material puede deteriorarse antes de que se pueda usar. Empresas deberán trabajar con sus proveedores para que puedan determinar con exactitud las necesidades de inventarios para minimizar los excesos. Surtidos almacenados fuera del límite de tiempo, o surtidos que no se pueden usar porque la producción está terminada resultan en dos costos que se puede prevenir: (1) costos de comprar material no necesario, y (2) costos asociados con la disposición del material desechado.

Si existe un exceso de material del acabado al término de un proceso de producción, la empresa tiene varias opciones. La mejor opción es, obviamente, encontrar otro proyecto en que se pueda usar el material. Otras opciones incluyen (1) regresar los recipientes no usados al proveedor original, (2) ponerse en contacto con otros fabricantes sobre sus posibles necesidades, y (3) ponerse en contacto con un servicio de intercambio para materiales o desechos. Opciones para controlar desechos o solventes sobrantes se demuestran en el Gráfico II-4.

## **Reciclaje**

Reciclar solventes al purificarlos por medio de la destilación es una alternativa atractiva que reducirá el costo del material y minimizará los desechos. La destilación es una tecnología probada, con aparatos disponibles en una variedad de tamaños. Puede ser realizada en el sitio o en otro lugar por proveedores. El reciclaje en el sitio que se realiza como parte del proceso de recubrimiento, es decir reciclaje en circuito cerrado, es considerada una técnica para prevenir la contaminación. Un ejemplo de reciclaje en circuito cerrado es recuperar el material de recubrimiento de, y regresarlo directamente a, una unidad de aplicación. Otra opción para aumentar la vida del solvente es remover las sustancias de partículas del solvente por medio de sedimentación o filtración para que se pueda reusar el fluido en una primera limpieza de los materiales.

Otra forma de reciclar en el sitio es de capturar el sobre rocío en la casilla de rociar







## BIBLIOGRAFIA

### Página 1 de 6

- Adams, Larry. 1991. "Finishing Materials: Must Compliance Mean an Inferior Product (Materiales de Acabado: Cumplir con las Normas Tiene que Significar un Producto Inferior)?" *Wood & Wood Products (Madera y Productos de Madera)*. Diciembre. Páginas 113-119.
- Akzo Coating, Inc. (sin fecha). "Useful Facts & Figures (Datos y Cifras Útiles)." Cuarta edición. Industrial Wood Coatings Business Unit (Unidad de Negocios de Recubrimientos Industriales para Madera).
- Artistic Finishes, Inc. 1992. "Investigation of Low-Volatile Organic Compound (VOC) Coatings and Methods for Finishing Wood Substrates (Investigación de Recubrimientos de Compuestos Orgánicos de Baja Volatilidad (COV) y Modos de Terminar Substraídos de Madera)." Thomas Leach. Roseville, Minnesota. Diciembre 11.
- Bankert, Peter J. 1990. "Waterborne Paint Circulation (Circulación de Pintura a Base de Agua)." *Industrial Finishing (Acabados Industriales)*. Julio. Páginas 42-43.
- Battelle. (sin fecha). "Draft Training Manual on Techniques for Reducing or Eliminating Releases of Toxic Solvents in Wood Finishing Operations (Manual Preliminar de Entrenamiento sobre Técnicas para Reducir o Eliminar el Escape de Solventes Tóxicos en las Operaciones del Acabado de Madera)."
- Blackman, Ted. 1991. "Recycling: Not Just for Papers and Bottles Anymore (El Reciclaje: Ya No Es Solo Para Papeles y Botellas)." Octubre. Páginas 19-20.
- Christianson, Rich. 1991. "Pennsylvania House Scores a Finishing First (Pennsylvania House Logra un Primero en Acabados)." *Wood & Wood Products (Madera y Productos de Madera)*. Octubre. Páginas 53-55.
- Dambele, Paul, y otros. 1992. "A Guide to Pollution Prevention for Wood Furniture Finishing (Un Guía para Prevenir la Contaminación en el Acabado de Muebles de Madera)." Agosto.
- Dunne, Beverly. 1993. "Environmental, Educational Concerns Affect Sanding (Preocupaciones Ambientales, Educativas Afectan el Lijado)." *Wood & Wood Products (Madera y Productos de Madera)*. Mayo.
- Furniture Design & Manufacturing (Diseño y Fabricación de Muebles). 1993. "Recycling Program Delivers Finishing Savings (El Programa de Reciclaje Entrega Ahorros en Acabados)." Marzo.



## BIBLIOGRAFIA

### Página 3 de 6

Minnesota Technical Assistance Program (MnTAP) (Minnesota—Programa de Asistencia Técnica). 1991. "Intern Project Summary; Water-Based Substitutes for Wood Finishing Lacquers (Resumen de Proyecto del Internado; Substitutos a Base de Agua para Lacas para el Acabado de Madera)." Minneapolis, Minnesota.

MnTAP. 1993a. "Waste Reduction Alternatives for Spray Painting and Coating (Alternativas para la Reducción de Desechos en Pinturas y Recubrimientos Rociados)." Minneapolis, Minnesota.

MnTAP. 1993b. "Case Study; Reuse of Wood Finishing Overspray (Estudio de Caso; El Reuso del Sobre Rocío del Acabado de Madera)." Minneapolis, Minnesota. Enero.

MnTAP. 1993c. "Intern Summary; Increasing Transfer Efficiency through Part Placement, Spray Adjustment, and Overspray Reuse (Resumen del Internado; Aumentar las Eficiencias de Transferencia por medio de Colocar las Partes, Ajustar el Rociador, y Reusar el Sobre Rocío)." Minneapolis, Minnesota. Abril.

North Carolina Department of Environment, Health, and Natural Resources (NCDEHR) (North Carolina—Departamento del Ambiente, Salud, y Recursos Naturales). (sin fecha). "Overview of Coating Technologies (Resumen de la Tecnologías de Recubrimientos)." Sharon M. Johnson.

NCDEHR. 1989. "Companion Document for the Conference on Waste Reduction for Industrial Air Toxic Emissions (Documento Compañero para la Conferencia sobre la Reducción de Desechos para las Emisiones Tóxicas en el Aire Industrial)." Greensboro, North Carolina. Pollution Prevention Pays Program (Programa de Ganancias por medio de la Prevención de la Contaminación). Abril 24-25.

NCDEHR. 1993. "Case Studies; A Compilation of Successful Waste Reduction Projects Implemented by North Carolina Businesses and Industries (Estudios de Casos; Una Recopilación de Proyectos Exitosos para Reducir Desechos Implementados por Industrias y Negocios de North Carolina)." Office of Waste Reduction (Oficina de la Reducción de Desechos). Pollution Prevention Pays Program (Programa de Ganancias por medio de la Prevención de la Contaminación). Septiembre.

North Carolina State University, School of Engineering (North Carolina—Universidad del Estado, Escuela de Ingeniería). 1986. "Managing and Recycling Solvents in the Furniture Industry (Manejar y Reciclar los Solventes de la Industria de Muebles)." Mayo.



## BIBLIOGRAFIA

### Página 5 de 6

- Toxics Use Reduction Institute (TURI) (Tóxicos—Instituto para la Reducción del Uso de Tóxicos). (sin fecha). "Massachusetts Toxics Use Reduction Program, Curriculum for Toxics Use Reduction Planners (Programa para la Reducción del Uso de Tóxicos de Massachusetts, Programa de Estudios de Planeadores para la Reducción del Uso de Tóxicos)." University of Massachusetts (Universidad de Massachusetts). Lowell, Massachusetts.
- TURI. 1992. "Toxics Use Reduction Research Directory (Directorio de Investigaciones para la Reducción del Uso de Tóxicos)." University of Massachusetts. Lowell, Massachusetts.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 1987. "Project Summary; Evaluation of the Problems Associated with Application of Low-Solvent Coatings to Wood Furniture (Resumen de Proyecto; Evaluación de los Problemas Asociados con la Aplicación de Recubrimientos con Pocos Solventes a Muebles de Madera)." Air and Energy Engineering Research Laboratory (Laboratorio de Investigaciones de la Ingeniería de Aire y de Energía). Research Triangle Park, North Carolina. Mayo. EPA/600/52-87/007.
- U.S. EPA. 1989. "Pollution Prevention Benefits Manual, Volumes I and II, Phase II (Manual de los Beneficios de Prevenir la Contaminación, Volúmenes I y II, Fase II)." Office of Policy Planning and Evaluation and Office of Solid Waste (Oficina de Planeamiento y Evaluación de Políticas y Oficina de Desechos Solidos). Octubre.
- U.S. EPA. 1991a. "SWAMI Versión 2.0." Mayo.
- U.S. EPA. 1991b. "Industrial Pollution Prevention Opportunities for the 1990s (Oportunidades en la Prevención de la Contaminación Industrial para los 1990s)." EPA/600/8-91/052. Agosto.
- U.S. EPA. 1991c. "Guideline Series; Control of VOC Emissions from Wood Furniture Coating Operations, Draft (Serie de Normas; Control de Emisiones de los COV en las Operaciones del Acabado de Muebles de Madera, Preliminar)." Capítulos 1-5. Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards (Oficina de Aire y Radiación, Oficina del Planeamiento y Normatividad de la Calidad del Aire). Research Triangle Park, North Carolina. Octubre.
- U.S. EPA. 1992a. "User's Guide: Strategic Waste Minimization Initiative (SWAMI) Version 2.0, A Software Tool to Aid in Process Analysis for Pollution Prevention (Guía para Usuarios; Iniciativa para la Minimización Estratégica de Desechos (SWAMI) Versión 2.0, Un Instrumento de Programación para Ayudar en el Análisis de Procesos para Prevenir la Contaminación)." Enero. EPA/625/11-91/004.



**PARTE III**

**ESTUDIOS DE CASOS**

## ESTUDIO DE CASO NO. 1—Conversión a VABP

### Introducción

Tiz's Door Sales, Inc. (TDS), en Everett, Washington, emplea a más de 60 personas. TDS fabrica productos de madera para el remodelaje y la construcción de nuevos hogares. Su línea de producción incluye puertas y marcos para el interior y el exterior, molduras de ventana y de base, y barandas tinturadas.

### Proceso Anterior a la Prevención de la Contaminación

La empresa estaba usando pistolas convencionales para rociar, que eran líneas manuales de rocío de aproximadamente 20 por ciento eficiencia. Acabados de alta calidad eran obtenidos usando recubrimientos convencionales a base de solventes.

### Proceso Actual

TDS fue muy agresiva en sus esfuerzos para reducir las fuentes de generación. TDS instaló aparatos automatizados para rociar en línea recta, que otorgan una eficiencia máxima de aplicación y que reciclan el sobre rocío, ahorrando 220 galones de laca cada semana.

Donde es posible, se cambián solventes y recubrimientos por mezclas menos peligrosas que la soluciones a base de tolueno. El calor, en lugar de solventes, es usado para deleírlos recubrimientos que serán aplicados.

TDS ha convertido todas las líneas manuales de rociar a pistolas para rociar de alto volumen/baja presión (VABP), que otorgan una eficiencia de transferencia (ET) alta y resultan en menos sobre rocío. Esto no solo reduce la cantidad de desechos generados sino también provee dividendos inmediatos al reducir la cantidad de material de recubrimiento necesaria para terminar cada pieza. Menos sobre rocío también significa mantenimiento reducido de los aparatos y costos de mano de obra reducidos. TDS encontró que usar VABP resultó en producción más rápida—es decir, aunque la velocidad de aplicación es más lenta, el tiempo para secar es menos.

Usando bombas y líneas dedicadas para cada tipo de recubrimiento era otro cambio sencillo que resultó en una reducción grande en la cantidad de solvente requerido. Esto redujo la limpieza requerida entre las capas. Cuando se requiere limpieza, los operadores bloquean las boquillas de las pistolas y soplan aire de vuelta por las pistolas y los sistemas de alimentación para reducir el material desperdiciado.

### Ahorros

***TDS ha reducido la cantidad de los recubrimientos usados por la mitad. En 1991, 18,000 galones se ahorraron. ¡A \$10/galón, esto es un ahorro de \$180,000! Además, la***



## ESTUDIO DE CASO NO. 2—Reciclaje de Solventes

### Introducción

La Compañía Boling, localizada en Mt. Olive, North Carolina, fabrica muebles de madera para oficinas con cuatro líneas de diferentes estilos y siete diferentes acabados.

### Proceso Anterior a la Prevención de la Contaminación

Hasta enero de 1983, la empresa estaba quemando los solventes gastados por el proceso del acabado de madera como combustible.

### Proceso Actual

Al considerar las maneras para recobrar los solventes gastados, Boling tuvo dificultades en localizar recicladores comerciales en su región. En 1983, Boling instaló una "Destiladora Pequeña" para reciclar los diluyentes de lacas de las operaciones de lavado de la planta.

Al principio de la operación de la destiladora, Boling se encontró con algunos problemas sobre las prácticas inapropias de colectar los gastos del lavado. Boling se dio cuenta que, junto con los problemas asociados con las prácticas de colectar los gastos del lavado, la composición de la mezcla de siete componentes de los gastos del lavado cambió con la destilación. No se pudo reusar en las operaciones de lavado. Sin embargo, mezclando una parte de acetona con tres partes del solvente recuperado, se pudo usar la mezcla reconstituida como diluyente en la operación de recubrimientos rociados.

La operación de lavado de la planta genera aproximadamente 10 a 15 galones de solvente gastado cada día. 40 a 60 galones por semana son recuperados para las operaciones de rociar. Se opera la destiladora cuatro veces por semana para evitar la acumulación de solventes gastados. Se opera en un ciclo de 7 horas de destilación/1 hora de enfriamiento. Los solventes sobrantes y las sobras de la destiladora permanecen en el forro de plástico. Se quita el forro de plástico aproximadamente una vez a la semana y se quema en la caldera alimentada por fragmentos de madera para recobrar calor. La caldera provee vapor para los hornos de secar. En el invierno, la caldera provee calefacción para la planta.

### Ahorros

En 1983, el costo de la destiladora fue \$4,825. Fue calculado que (1) el costo de mano de obra era de \$0.02 por cada galón de solvente recuperado, (2) el costo de energía era \$0.05/galón, y (3) el costo del forro de plástico para retener las sobras era \$0.05. Esto resultó en un costo total de operación de \$0.12 por cada galón de solvente recuperado.



# ESTUDIO DE CASO NO. 3—Desechos de Madera para Energía

## Introducción

Stanley Furniture (previamente conocido como Burlington Furniture) es un fabricante de muebles localizado en Lexington, North Carolina.

## Proceso Anterior a la Prevención de la Contaminación

El fabricante de muebles envió solventes gastados a un relleno sanitario en South Carolina.

## Proceso Actual

Stanley instaló un incinerador en el sitio para quemar los solventes gastados y recuperar calor. El incinerador tiene dos cámaras, una inferior y una superior. Los desechos de la planta son separados en cuatro grupos: sólidos, líquidos pesados (como manchas y glaseos), lodos, y solventes. Los sólidos y los lodos son quemados en la cámara inferior. Agua residual de la lavada de trapos es tratada, y el residuo es mezclado con aserrín y con los lodos del lavado de agua en cortina, entonces es quemado en la cámara inferior. Los solventes son quemados en la cámara superior, que usa aceite combustible No. 2 como el combustible principal. La cámara superior funciona a una temperatura de 1,800°F. El calor del incinerador enciende la caldera para producir vapor, que se usa para lavar y secar los trapos. Durante el invierno, el calor exceso es usado para suplementar la calefacción de la planta. Las cenizas del incinerador no son consideradas peligrosas y son enviadas al relleno sanitario del condado.

## Ahorros

El incinerador fue instalado con un costo inicial de \$1.5 millones. La planta anticipa recuperar los gastos durante un período de 3 años. El incinerador quemó 4,000 galones de solvente gastado, que era parte de los 1.5 millones de libras de desechos quemados en el incinerador. Además de los ahorros de la propia planta, Stanley logró ingresos adicionales cobrando \$29.00 por barril para incinerar los solventes gastados para otras empresas locales pequeñas que fabrican muebles. Por el alto contenido de energía en los solventes de lavado gastados, mediendo en unidades térmicos Británicos (Btu), Stanley encontró que es más fácil y más barato usar los desechos como combustibles que reciclar los solventes.

---

Tomado de "Manejar y Reciclar Solventes en la Industria de Muebles," Servicio de Extensión Industrial, Escuela de Ingeniería, Universidad Estatal de North Carolina. Mayo 1986.



\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

## **Ahorros**

Tintas a base de agua cuestan aproximadamente la mitad de las tintas a base de solventes. Kemp calcula que el cambio a tintas a base de agua ha reducido la corriente de solventes gastados de la línea de impresión por 30 a 40 por ciento.

---

Tomado de "Manejar y Reciclar Solventes en la Industria de Muebles," Servicio de Extensión Industrial, Escuela de Ingeniería, Universidad Estatal de North Carolina. Mayo 1986.



\*\*\*\*\*

### **Ahorros**

*Las reducciones en el uso de materiales resultando del cambio a pistolas de VABP se figuran a más que 13,300 galones por año, significando un ahorro anual de más que \$137,000. El costo del proyecto para prevenir la contaminación de aproximadamente \$21,000 fue recuperado en dos meses.*

---

Tomado de "Estudios de Casos para la Prevención de la Contaminación," North Carolina —Departamento del Ambiente, Salud, y Recursos Naturales, Oficina de la Reducción de Desechos. Septiembre 1993.



! Un recubrimiento anti-adhiere fue aplicado a las bandejas de colección para reducir los costos de mano de obra y materiales requeridos para la limpieza.

Los solventes colectados circulan nuevamente por medio de un sistema de bombeo para prevenir que se curen. Después de acumular aproximadamente 5 galones de sobre rocío, el sobre rocío es manualmente removido y transferido a la área de mezclar. Se agrega el solvente y el catalizador al material, según lo necesario, para obtener las propiedades de recubrimiento deseadas, y el material es regresado al sistema de rocío para ser reusado. Un poco de tiempo es necesario para que los empleados puedan mantener el nuevo sistema de recuperación. Sin embargo, tiempo también es ahorrado, así que la casilla para rociar ahora requiere menos mantenimiento. El ET efectivo de sólidos ha incrementado desde un 40 por ciento antes de la instalación a aproximadamente 80 por ciento. *El sistema cuesta aproximadamente \$2,500 por casilla para instalar, \$2,000 para los materiales, y \$500 para mano de obra.*

### Ahorros

Un promedio de 11.5 galones de sobre rocío fue colectado cada día durante octubre y noviembre de 1992. *Dando por supuesto que la materia prima cuesta \$8 por galón, Medallion Kitchens ahorrará aproximadamente \$23,000 anualmente en materias primas como resultado directo de colectar su sobre rocío.*

Además, lodos peligrosos generados por las operaciones en la casilla de rociar el sellado han sido reducidos por 25 a 50 galones por día. *Costos relacionados con la disposición de desechos han sido reducidos por la mitad, ahorrándole a la empresa aproximadamente \$30,000 cada año, resultando en totales ahorros anuales de \$53,000.*

---

Tomado de "Estudio de Caso: El Reuso del Sobre Rocío del Acabado de Madera," Minnesota—Programa de Asistencia Técnica, Minneapolis, Minnesota. 1993.

\*\*\*\*\*

## APENDICE INFORMACION ADICIONAL

Los siguientes son documentos sobre la prevención de la contaminación que pueden ser útiles. Desafortunadamente, están disponibles solo en inglés. Copias de estos documentos con el número de documento de la EPA pueden ser obtenidos del Centro para la Información de Investigaciones Ambientales (CERI—Center for Environmental Research Information) de la EPA o del Banco de Información Sobre la Prevención de la Contaminación (PPIC—Pollution Prevention Information Clearinghouse). Algunos documentos están disponibles, sin costo, por el PPIC. Para una lista actual de estos documentos, favor de comunicarse con el PPIC.

EPA CERI Publications Unit  
26 West Martin Luther King Drive  
Cincinnati, OH 45268  
(513) 569-7562  
  
Falls Church, VA 22043

PPIC  
401 M Street  
Mail Code PM221A  
Washington, DC 20460  
(202) 260-1023

PIES  
Technical Support Office  
SAIC  
7600-A Leesburg Pike

(703) 821-4800

## INFORMACION GENERAL

Akzo Coating, Inc. (sin fecha). "Datos y Cifras Útiles." Cuarta edición. Unidad de Negocios de Recubrimientos Industriales para Madera.

Battelle. (sin fecha). "Manual Preliminar de Entrenamiento sobre Técnicas para Reducir o Eliminar el Escape de Solventes Tóxicos en las Operaciones del Acabado de Madera."

Higgins, Thomas. 1989. "Manual para Minimizar Desechos Peligrosos." Lewis Publishers, Inc., Chelsen, Michigan.

Kohl, Jerome. 1986. "Manejar y Reciclar Solventes en la Industria de los Muebles." Servicio de Extensión Industrial, Escuela de Ingeniería, Universidad Estatal de North Carolina. Raleigh, North Carolina. Mayo.

Tóxicos—Instituto para la Reducción del Uso de Tóxicos. (sin fecha). "Programa para la Reducción del Uso de Tóxicos de Massachusetts, Programa de Estudios de Planeadores para la Reducción del Uso de Tóxicos." Universidad de Massachusetts. Lowell, Massachusetts.

U.S. EPA. 1991c. "Serie de Normas; Control de Emisiones de los COV en las Operaciones del Acabado de Muebles de Madera, Preliminar." Capítulos 1-5. Oficina de Aire y Radiación, Oficina del Planeamiento y Normatividad de la Calidad del Aire. Research Triangle Park, North Carolina. Octubre.

U.S. EPA. 1992c. "Guía para la Prevención de la Contaminación en Fabricas." Laboratorio de la Ingeniería de la Reducción de Riesgos, Oficina de Investigaciones y Desarrollos. Ohio. Mayo.



\*\*\*\*\*

## RECICLAJE

Blackman, Ted. 1991. "El Reciclaje: Ya No Es Solo Para Papeles y Botellas." Octubre. Páginas 19-20.

Diseño y Fabricación de Muebles. 1993. "El Programa de Reciclaje Entrega Ahorros en Acabados." Marzo.

Madera y Productos de Madera. 1993. "Reducir Desechos Peligrosos con Destilación en el Sitio." Mayo. Páginas 114-115.

## PROGRAMAS DE COMPUTADORA

U.S. EPA. 1992a. "Guía para Usuarios; Iniciativa para la Minimización Estratégica de Desechos (SWAMI) Versión 2.0, Un Instrumento de Programación para Ayudar en el Análisis de Procesos para Prevenir la Contaminación." Enero. EPA/625/11-91/004.

U.S. EPA. 1991. "SWAMI Versión 2.0." Mayo.

# LISTADO DE DIRECCIONES PARA FUTUROS DOCUMENTOS

Nombre: \_\_\_\_\_ Organización: \_\_\_\_\_  
Ocupación: \_\_\_\_\_ Dirección: \_\_\_\_\_  
Teléfono: \_\_\_\_\_  
Fax: \_\_\_\_\_

## ENCUESTA:

### ¿ES UTIL ESTE MANUAL?

Favor de ayudarnos con su repuesta a las siguientes preguntas:

#### A. PERFIL DE SU ORGANIZACION

- Asociación de Obreros                       Empresa                       Oficina Gubernamental  
 Otros \_\_\_\_\_

¿Qué producto o servicio ofrece su empresa/organización? \_\_\_\_\_

¿Cuántos años tiene en existencia su empresa/organización? \_\_\_\_\_ años

¿Cuántos empleados trabajan en su empresa/organización? \_\_\_\_\_

#### B. NECESIDADES DE ENTRENAMIENTO

La EPA y SEDESOL planean agregar partes a este manual o desarrollar nuevos manuales para otras industrias en la zona fronteriza. ¿Cuales industrias deberán ser señaladas próximamente?

- Productos Químicos de Agricultura                       Otros \_\_\_\_\_

¿Qué tipo de entrenamiento atendería usted?

- Cursos Técnicos                       Entrenamiento General                       Ninguno                       Otros \_\_\_\_\_

La EPA y SEDESOL están considerando presentar cursos de entrenamiento sobre la "prevención de la contaminación."

¿Qué tipo de información sería útil para usted en esta área?

\_\_\_\_\_



C. UTILIDAD DEL MANUAL

¿Encontró el formato de este manual conveniente?                     Sí                     No

¿Encontró que el contenido era útil?                     Sí                     No

Sugerencias para mejorar este manual. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

¿Qué otra información deberá ser incluida? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**4 4 4 4 4 4 4 (doble aquí) 4 4 4 4 4 4 4**

¿Quién deberá recibir este manual?

Nombre: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

D. COMENTARIOS ADICIONALES

Favor de darnos cualquier comentario adicional sobre este manual y su utilidad.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Por favor doblar en la línea marcada y envíe por correo. Si tiene alguna pregunta sobre este documento o desea información adicional, puede llamar a la **U.S. EPA (214) 665-6580 EE.UU.**, o **SEDESOL (525) 553-6421 México**.

**4 4 4 4 4 4 4 (doble aquí) 4 4 4 4 4 4 4**

-----  
Colocar  
Estampilla  
Aquí  
-----

ROBERT LAWRENCE (6M-PP)  
POLLUTION PREVENTION COORDINATOR  
U.S. EPA REGION 6  
1445 ROSS AVENUE  
DALLAS TX 75202  
USA

(Aplicar cinta adhesiva aquí)